

コムギの生育期間の変動要因の解析と生育期予測に関する研究

著者	江口 久夫
号	546
発行年	1995
URL	http://hdl.handle.net/10097/16506

氏 名(本籍) 江^え 口^{ぐち} 久^{ひさ} 夫^お

学 位 の 種 類 博 士 (農 学)

学 位 記 番 号 農 第 5 4 6 号

学位授与年月日 平 成 8 年 3 月 14 日

学位授与の要件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学位論文題目 コムギの生育期間の変動要因の解析と生育期予測に関する研究

論文審査委員(主 査) 教 授 菅 洋

教 授 日 向 康 吉

教 授 亀 谷 壽 昭

論文内容要旨

I 緒 言

コムギの播種から出芽、幼穂分化、出穂、開花を経て成熟に至る個体発生的な発育過程を、品種の生理生態的な特性に基づいて、環境条件から定量的に説明、予測し得る発育予測式を開発することは「追肥等の管理作業の計画作成」、「作付体系の作成」、「適品種・適作期の地帯区分」、「早害・凍霜害・高温障害等の気象災害の予測」等に利用でき、実用性は極めて高い。そして、生育量が生長速度と生育期間の積であるので、その生育期間を予測する関係式は生理研究の有効な手段になり得ると思われる。なお、本研究はコムギの早生化を困難にしている原因と対策についても検討した。

II 圃場における生育期間と気象要因

1978年から1982年の4年間に、圃場においてコムギ14～17品種を11月～3月の各5播種期に播種し、出芽期、幼穂分化期、出穂期、開花期、成熟期を調査した。

1. 生育期と生育相の長さの品種間差、播種期間差、年次間差

各生育期は品種、播種期、年次により変異し、早生品種および早い播種期において早かった。しかし、品種と播種期、播種期と年次などに交互作用関係が認められ、品種の比較は簡単ではなかった。なお、品種間差と播種期間差は生育初期の播種－幼穂分化相の長さや幼穂分化期で大きく、後期になるほど変異は小さくなり、開花－成熟相の長さや成熟期でもっとも小さくなった。

2. 生育相の長さとその生育の開始期の関係

播種－幼穂分化相の長さや播種期の関係は11月下旬播種でもっとも長く、前後の播種期で短縮した。幼穂分化期以降の幼穂分化－出穂相、出穂－開花相、開花－成熟相の長さはその開始期である幼穂分化期、出穂期、開花期が遅くなるほど短縮するという、高い負の相関関係を示した(図1)。各生育相とその開始期の一次回帰式から、各生育期をその前の生育期から予測することができた。ただし、幼穂分化－出穂相を除いて試験間差や年次間差が大きく、精度はよくなかった。

3. 生育相の長さや気象要因の関係

各生育相の長さがその開始期と負の相関関係にあることの原因は気象要因の差によるものと考え、各生育相の長さやその期間の気象要因平均値および有効積算値との関係を検討した。

平均気温、最高気温、最低気温はすべての生育相の長さに対し、高い負の相関関係を示

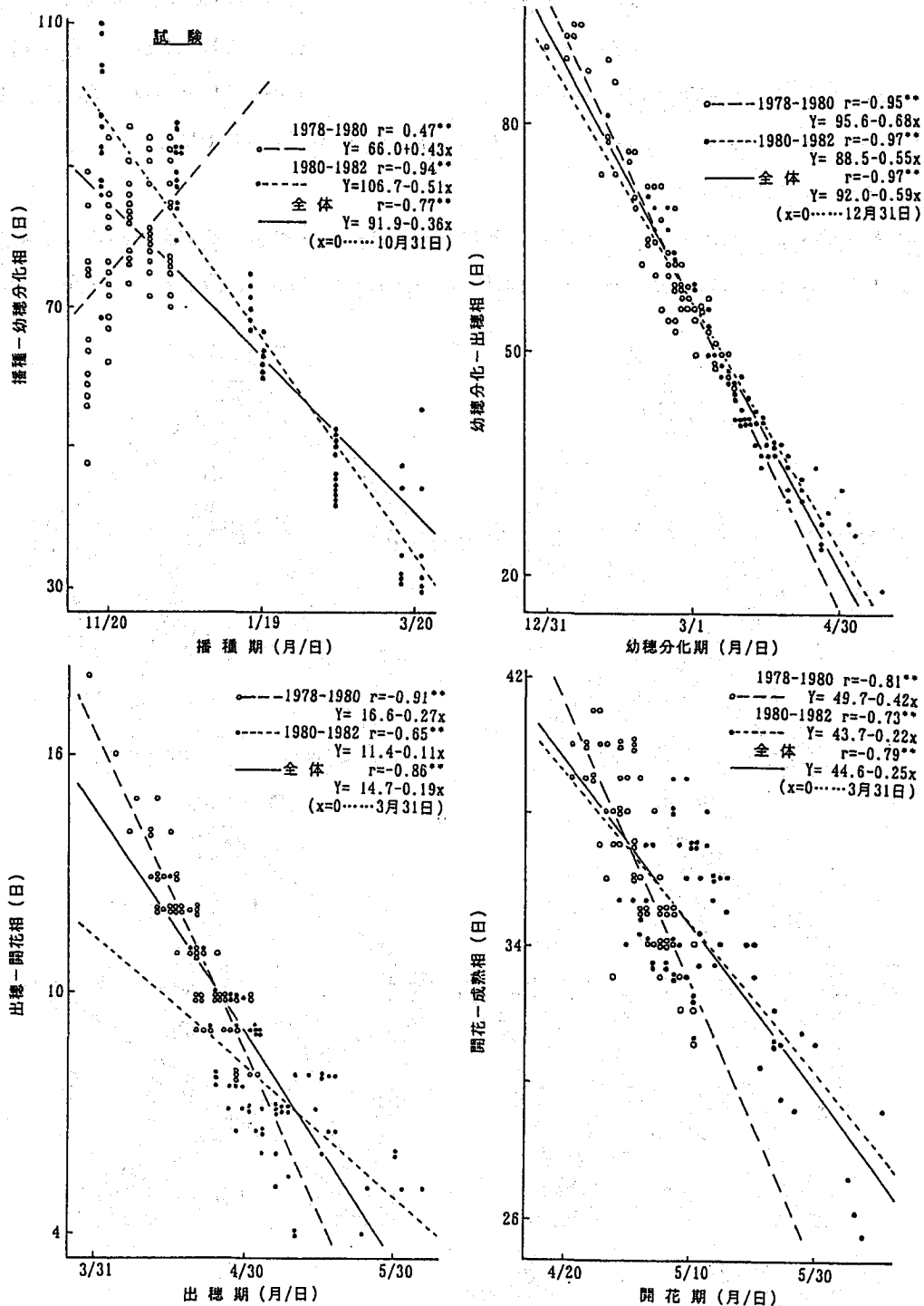


図1. 各生育相の長さとその生育の開始期との関係

したが、一次回帰式の回帰係数には試験間差や播種期間差が認められた。日照時間、日射量、日長も気温と同様に負の相関関係を示す場合が多かった。ただし、気象要因相互間には一部を除いて高い相互相関関係が認められ、日射量、日照時間、日長、降雨量は平均気温と相関が高いときに、生育相の長ささと相関が高い傾向があり、直接影響しているかどうかは明らかではなかった（図2）。

生育相の長さを予測する重回帰式を、その期間の気象要因平均値を説明変数として求めた。上記のように、気象要因相互間に相関関係が認められるので、得られた標準偏回帰係

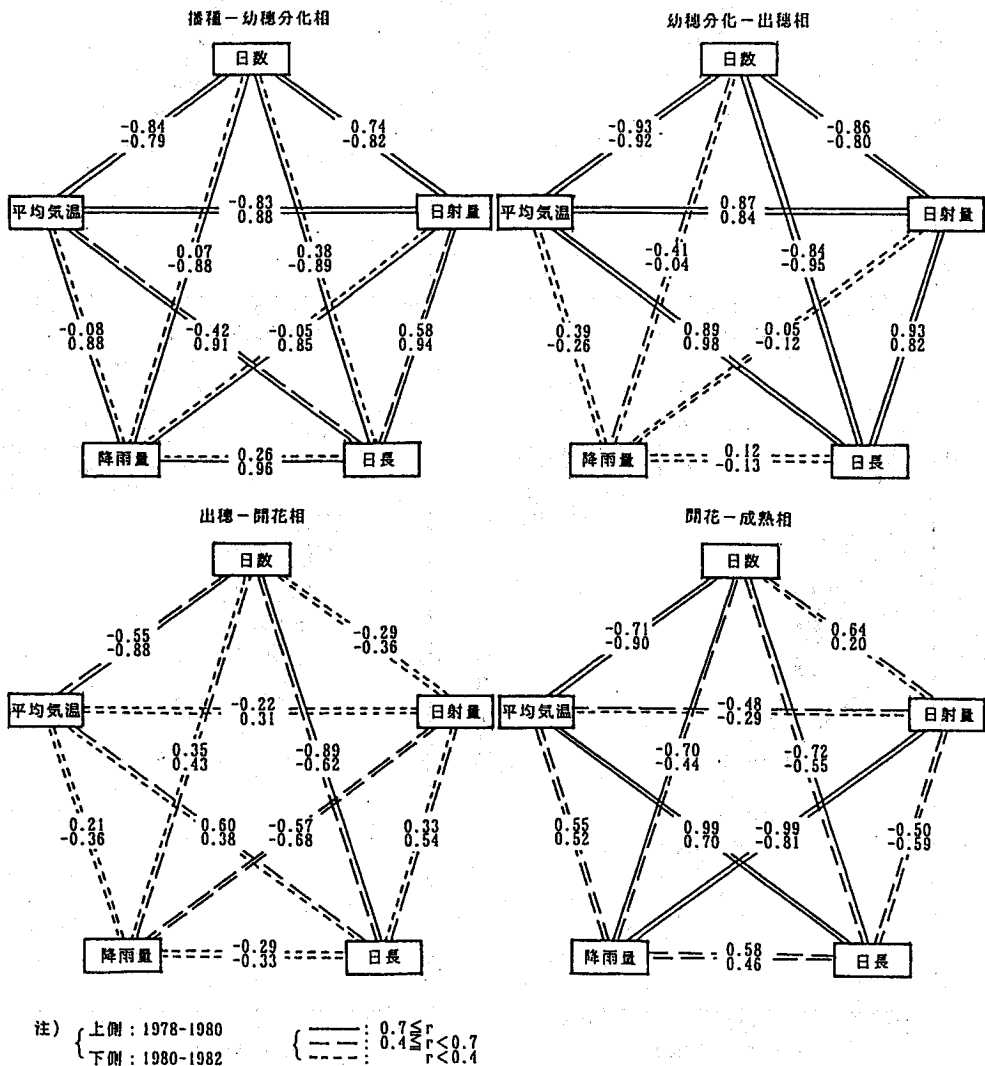


図2. 主要気象要因と生育相の長さの相互相関

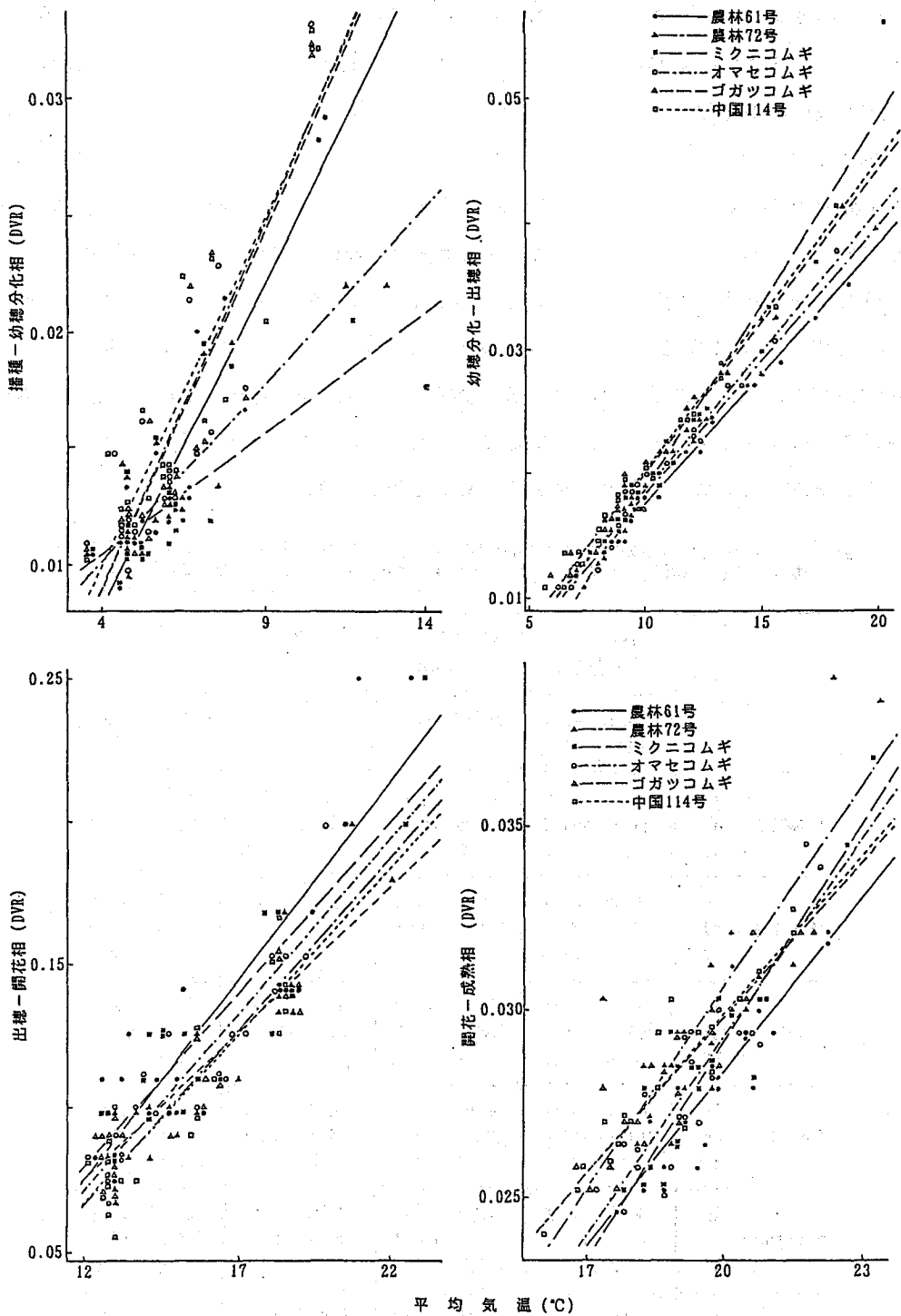


図3. 各生育相の発達速度と平均気温の関係

数の値から影響の大きい要因を特定することはできなかった。また、得られた重回帰式は試験により、計算法（増減法と減増法）により大きく異なり、生理学的に意味のある予測式を導くのは困難と思われた。

4. 生育相の長さとは有効積算温度

各生育相の発育速度（DVR）と平均気温（T）の関係は、播種－幼穂分化相で秋播性のある品種のとき、出穂－開花相および開花－成熟相で高温のときに直線性が若干悪いが、それ以外では直線がよく適合した（図3）。平均気温の最低有効値（BT）は出穂－開花相で最も高く約6℃、次いで開花－成熟相、幼穂分化－出穂相が2℃、播種－幼穂分化相で最も低く約-0.4℃であった（表1）。また、最低有効値の品種間差は播種－幼穂分化相と開花－成熟相以外の生育相では小さく、この値を同一とみなしたときの有効積算値を算出することにより、各生育相の長さの品種間差を評価することができた。

表1. 生育相の長さとその期間の平均気温平均値(T)との有効積算温度式($Y=HU/(T-BT)$)において最低有効値を品種別に求めた場合(Bt)と全体の最低有効値を用いた場合(BT)の比較

—6品種・5播種期・2試験—

		播種－ 幼穂分化		幼穂分化－ 出穂		出穂－開花		開花－成熟	
		品種別 Bt	全体 BT	品種別 Bt	全体 BT	品種別 Bt	全体 BT	品種別 Bt	全体 BT
農林61号	h	0.79	0.85	0.98	0.99	0.81	0.82	0.87	0.87
	HU	356.2	455.3	485.6	464.7	72.4	74.5	633.1	651.4
	BT	1.1	-0.4	1.5	1.9	6.5	6.3	2.1	1.6
農林72号	h	0.83	0.76	0.99	0.99	0.91	0.91	0.77	0.78
	HU	656.7	492.7	465.4	444.1	82.4	84.6	538.7	602.9
	BT	-2.7	-0.4	1.5	1.9	6.5	6.3	3.5	1.6
シニコムキ	h	0.74	0.63	0.95	0.98	0.87	0.84	0.90	0.89
	HU	953.6	526.8	337.2	415.8	83.3	76.0	508.3	634.6
	BT	-6.0	-0.4	3.7	1.9	5.3	6.3	5.2	1.6
オマヤコムキ	h	0.67	0.80	0.98	0.98	0.90	0.90	0.88	0.88
	HU	313.5	416.5	446.4	436.3	82.4	80.4	553.2	632.6
	BT	1.2	-0.4	1.7	1.9	6.0	6.3	3.8	1.6
ゴカヤコムキ	h	0.70	0.81	0.97	0.97	0.88	0.85	0.90	0.89
	HU	320.2	417.0	413.6	403.0	98.1	82.5	703.0	614.6
	BT	1.2	-0.4	1.7	1.9	4.6	6.3	-0.9	1.6
中国114号	h	0.80	0.85	0.99	0.98	0.82	0.82	0.93	0.92
	HU	332.4	398.6	411.0	396.4	86.8	85.6	691.0	612.0
	BT	0.7	-0.4	1.6	1.9	6.1	6.3	-0.6	1.6

III 生育期間に影響を与える要因の解明

圃場試験において、各生育相の長さが時期により変動するのは気象要因、特に平均気温の影響によるものであることを明かにした。しかし、自然条件では気象要因相互間に相関関係があり、どの要因がどのように影響するかを特定するのは困難であった。本項では、各生育相別に人工気象室を利用したポット試験により、気温等の影響について解析を行った。

1. 播種－出芽相

発育速度 (DVR) と平均気温 (T) の関係は、直線がよく適合し ($h=0.97$)、この相の長さは有効積算温度式のみにより予測できた。また、播種深1cmの増減に対し有効積算温度 (HU) 値を16.7℃日増減すれば精度はさらに高まった。

2. 出芽－幼穂分化相と幼穂分化－出穂相

1) 影響を与える要因と交互作用関係

出芽－幼穂分化相の長さには気温、日長、春化处理が影響し、幼穂分化－出穂相の長さには気温と日長が影響した。それぞれの要因と品種との間に交互作用関係が認められ、品

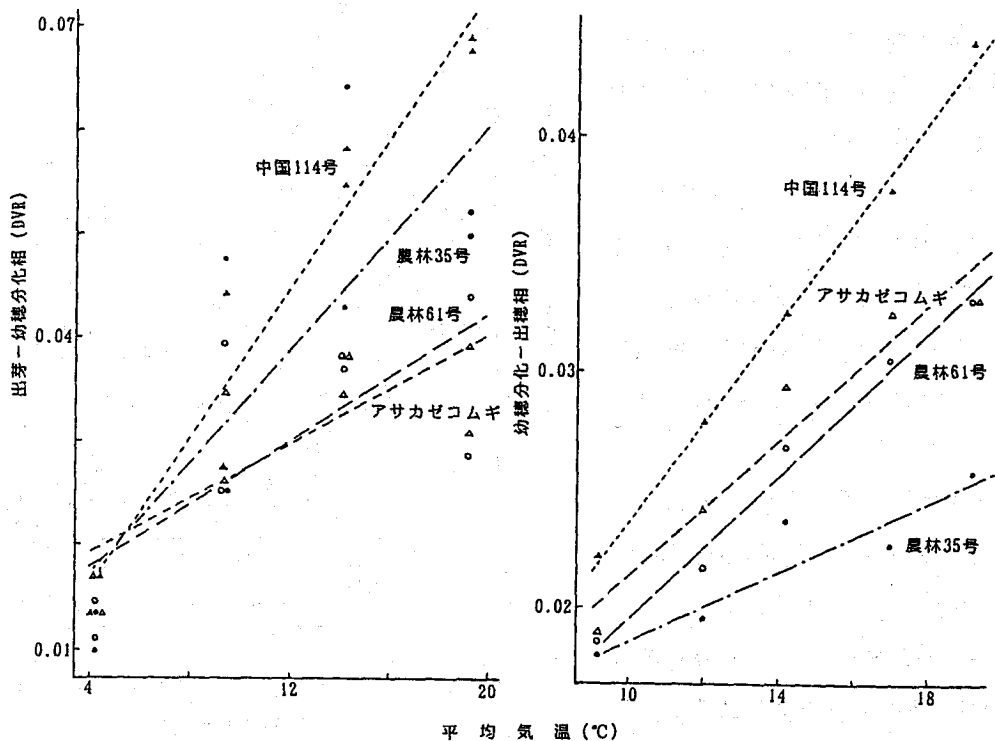


図4. 出芽－幼穂分化相および幼穂分化－出穂相の発育速度と平均気温の関係

種別に指標値を与える必要があると判断された。また、日長および春化処理と気温の交互作用は、低温でその差が大きくなるという関係で、有効積算温度曲線を適用することにより説明できる関係であった。

照度は低照度で出芽—幼穂分化相、幼穂分化—出穂相の長さを長くするが、30,000 Lux以上の照度での影響は小さかった。

2) 温度反応

出芽—幼穂分化相のDVRとTの関係は放物線状となり、直線の適合は悪かった(図4)。従って有効積算温度(HU)曲線の相関指数も低かった。幼穂分化—出穂相のDVRとTの関係は直線が適合し、HU曲線の相関指数も高かった(図4)。BT値は品種により変らないと仮定し、HU曲線回帰を求めたところ、相関指数の低下も小さく、HU値は品種の早晩生をよく評価した。

3) 春化反応

春化処理0日と14日の違いでもBT値の差は小さく、BT値を一定にしたときのHU曲線回帰が適合し、HU値により春化処理の評価が可能であった。春化要求度の品種間差を催芽後の3.2℃処理の日数で比較したところ(図5)、春化要求日数(春化処理の効果があがる最大処理日数)で22~0日、春化効果(低温処理1日当りHU値減少量)で16.2~0.0℃日の品種間差が認められた。それらの数値を品種の指標値として表2に示した。

春化処理の温度は平均6.2℃でもっとも効果が高く、次いで3.2℃、0.2℃の順で、9.2℃でも若干の効果が認められた。この関係を3.2℃の春化効果を1.0とする春化効果比に換算したところ、品種間差がなくなり、6.2℃を

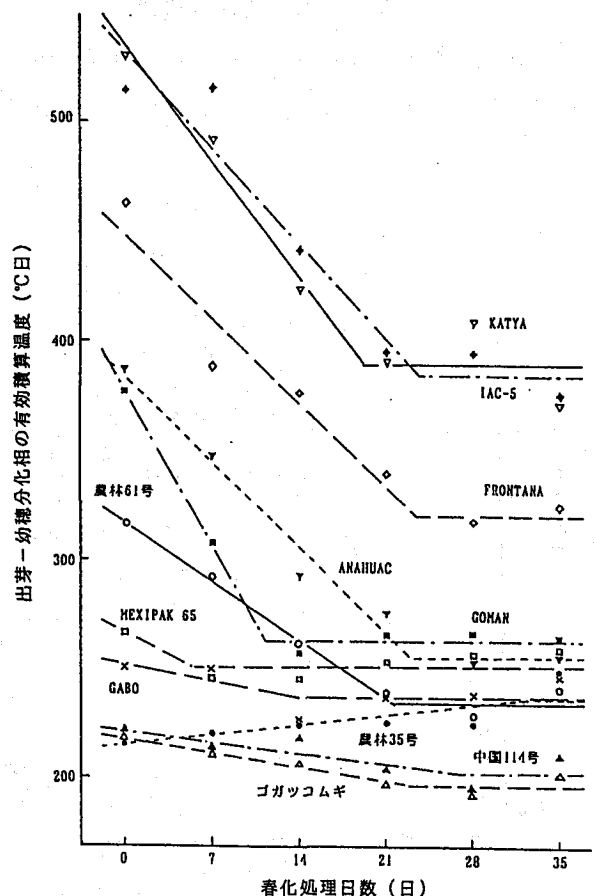


図5. 春化処理日数と出芽—幼穂分化相の有効積算温度の関係

表2. 供試品種の春化反応特性

品 種	春化効果 b(Ve) (°C日/日)	春化要求 日数 XI (日)	春化要求度 (HUr) (°C日)
GOMAN	16.2	10.7	173.3
KATYA	10.5	19.5	204.8
ANAHUAC	10.5	19.5	204.8
FRONTANA	10.5	19.5	204.8
IAC-5	10.5	19.5	204.8
農林61号	5.4	21.8	117.7
アガツカキ	2.0	9.4	18.8
中国114号	2.0	9.4	18.8
MEXIPAK 65	2.0	9.4	18.8
GABO	2.0	9.4	18.8
農林35号	0.0	0.0	0.0

注) 農林35号のA値は平均値

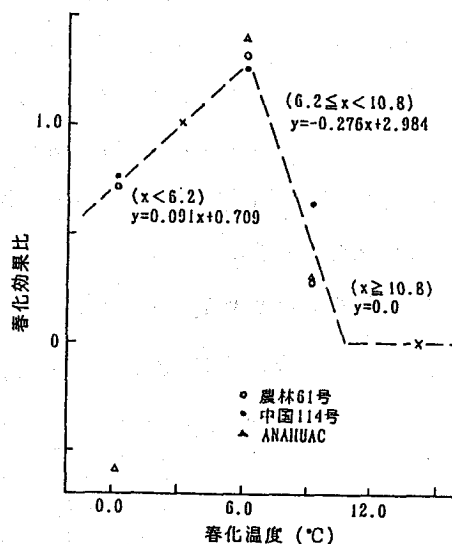


図6. 春化温度と春化効果比

(3.2°Cの春化効果=1.0)

ピークとする折れ線回帰式がよく適合した(図6)。春化反応の始期を発芽期として、播種-発芽日数を算出する有効積算温度式を求めた。出芽後に処理した春化の効果は、生育温度と品種により異なったが、幼穂分化期頃まで有効と思われた。

4) 日長反応

日長に感応し始める時期は出芽後1.8日目後に認められたが、品種や春化処理との関係は明かにできなかった。

日長に感応しなくなる時期は農林61号等では出穂前10日目(HU値で152.5°C日)、農林35号では出穂前19日目であった(図7)。

10・12・14hr日長に対する出芽から幼穂分化まで日数、幼穂分化から出穂まで日数の関係はほぼ直線的で、この

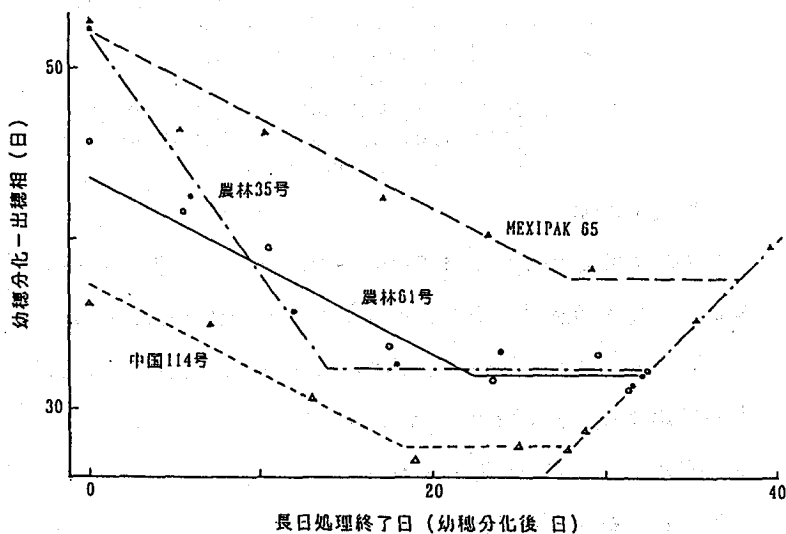


図7. 幼穂分化-出穂相の長さと言日処理終了日の関係

日長の範囲では限界日長や適限界日長を判定することはできなかった。日長反応の品種間差は、BT値を一定にして品種と日長別に求めたHU曲線のHU値で比較できた。このHU値は品種×日長の交互作用関係が有意であり、品種により短日遅延と長日促進の大小が異なった。そのため、日長反応は品種別に短日遅延度（12hr日長に比べ、1hr日長が短くなったときのHU増加量）と長日促進促進度（同HU減少量）を指標値として表3にまとめた。

幼穂分化－出穂相における日長反応の品種間差は出芽－幼穂分化相と似た傾向を示したが、異なる点もあるので、別の指標値として表3に示した。

表3. 出芽－幼穂分化相、幼穂分化－日長感応終期期間における感光性の品種別指標値

品 種	出芽－幼穂分化相			幼穂分化－日長感応終期		
	短日遅延	12hr	長日促進	短日遅延	12hr	長日促進
	度 TS (°C日/hr)	HUn (°C日)	度 TL (°C日/hr)	度 TS (°C日/hr)	HUn (°C日)	度 TL (°C日/hr)
農林61号	81.2	377.4	36.7	30.9	444.4	54.1
農林35号	41.1	443.2	114.2	74.7	538.9	97.2
コガツコムキ	54.0	276.7	31.5	39.1	331.2	32.2
中国114号	26.9	281.1	28.8	30.1	319.4	24.0
MEXIPAK 65	54.6	336.7	41.1	61.7	480.7	36.8
GOMAN	21.3	488.7	70.2	22.4	532.8	38.9
KATYA	107.2	686.0	88.1	69.2	557.7	50.0
ANAHUAC	36.5	425.3	32.5	37.5	454.8	31.5
FRONTANA	79.4	642.6	88.5	39.8	504.0	66.5
IAC-5	3.1	438.7	-17.3	25.0	547.6	15.8
GABO	65.1	368.7	64.1	32.9	464.9	54.7
平 均	51.9	433.2	52.6	42.1	470.6	45.6

注) 短日遅延度: 12hr日長のHU値に比べ、日長が1時間短縮したときのHU増加量
 長日促進度: 12hr日長のHU値に比べ、日長が1時間延長したときのHU減少量
 12hr HU₀: 12hr日長・春化处理0日のときのHU値

5) 発育経過

出芽から出穂期までの発育経過を気温と日長の異なる条件下で比較した。出葉数、葉原基数、小穂始原体数の増加、止葉葉位と小穂数の決まる時期は高温条件と長日条件で早かった。これらの発育経過は圃場条件に比べ、出芽から穎花始原体分化期の差が大きく、出芽から出穂まで日数は約1/3であった。

3. 出穂－開花相と開花－成熟相

1) 影響を与える要因

出穂－開花相、開花－成熟相の長さに日長は影響を与えなかった。遮光の影響は出穂－

開花相で小さかったが、開花－成熟相では大きく、58%の遮光で3日の遅れ、89%の遮光で9日の遅れが生じた。窒素の晩期（止葉展開期）追肥は大きい影響ではないが、開花－成熟日数を1～2日遅延させた。

2) 温度反応

出穂－開花相、開花－成熟相のDVRとTの関係は一次回帰がよく適合していた（図8）。このことは昼温と夜温の影響差は小さく、平均気温をもとに有効積算温度曲線を適合させることができることを示していた。またBT値の品種間差は小さかった。出穂－開花相、開花－成熟相において気温の影響時期を検討したところ、時期間差は認められなかった。

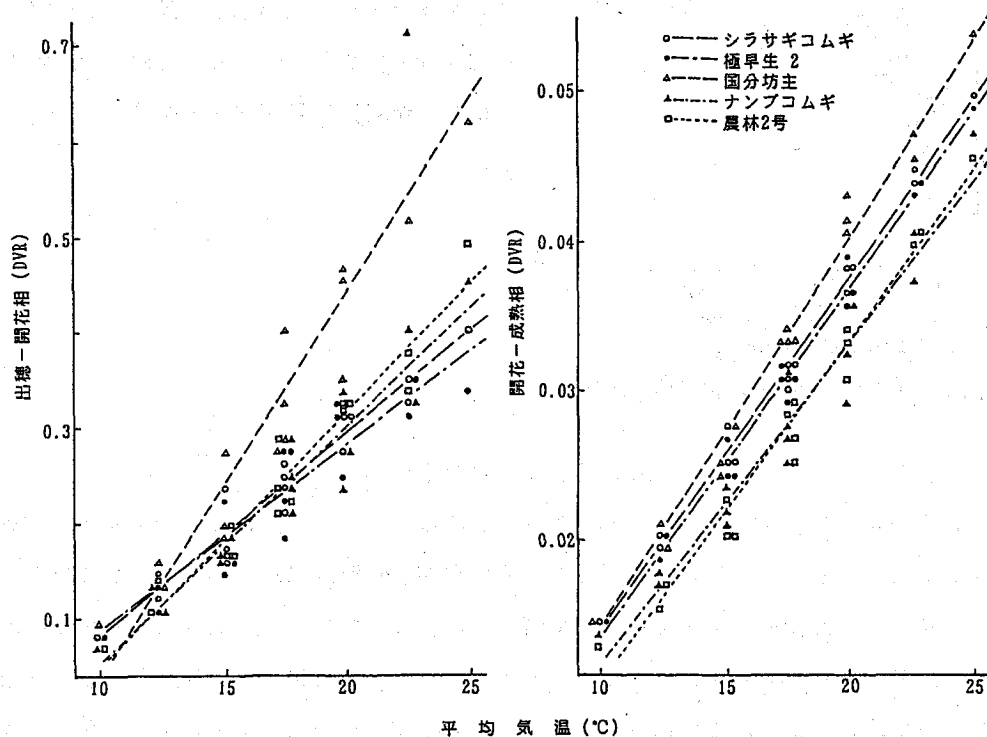
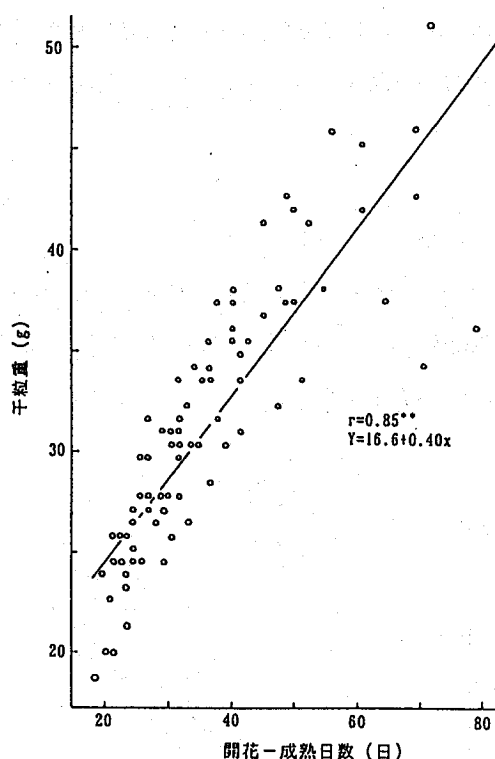


図8. 出穂－開花相および開花－成熟相の发育速度と平均気温の関係

3) 登熟経過

気温および照度が異なる条件下で登熟経過を比較した。低温により子実の乾物増加率が低下したが、最高値に達するのが著しく遅れたため、子実乾物重は高くなった。遮光条件下では茎葉の葉緑素含量の減少の遅れで大きかったが、子実の水分含量や葉緑素含量の低下ではその遅れは小さく、みかけよりも成熟期の遅れは小さかった。

開花－成熟相の長さと干粒重の間には高い正の相関が得られ（図9）、高温による開花か



注) 干粒重は乾燥重 (水分含量0%)

図9. 開花-成熟日数と干粒重の関係

ら成熟まで日数の短縮が干粒重を低下させる重要な要因であることが確認された。

4) 品種間差

ファイトロンの20~10℃、25~15℃条件で出穂から開花まで日数の短い品種として *T. compactum* 等を選抜したが、これらの品種は止葉展開から出穂まで日数が長く、止葉展開から開花まで日数では差がなかった。開花から成熟まで日数の短い品種を選抜した結果、仏62やKHAPLIなどの *T. spelta* が2~4日早生で、小麦の早熟化の育種母本として有望と思われた。

IV 各生育相の長さの予測式

各生育相の長さを予測する式をII章では圃場試験の結果をもとに、III章ではポット試験の結果をもとに、それぞれに提示してきた。式は有効積算温度式を中心にしたものであるが、その多くは自然条件と人工気象条件で若干異なるものであった。最低有効温度は出穂期までの生育相では、人工気象条件で2~3℃低く、出穂-開花相ではほぼ同じ、開花-成熟相では逆に高くなった。これは主として、温度の垂直分布の差、気温と地温の関係の差と思われる。本研究は、自然条件下での生育期予測を目的としているので、気温条件のみによる回帰式とした播種-出芽相、出穂-開花相、開花-成熟相では自然条件で得られた式を用いることにした(表4)。出芽-幼穂分化相、幼穂分化-出穂相では、日長の効果が分離できない自然条件のデータは使えないので、人工気象条件により得られた式を用いた。

最低有効温度(BT)は生育相により異なったが、品種、日長、春化の条件によっては変らないものと仮定し、有効積算温度(HU)が品種、日長、春化の条件により変動するものとして予測式を組立てた。出芽-幼穂分化相は温度、日長、春化の条件により、幼穂分化

一 出穂相は温度と日長により決定される式とした（表4）。HU値はそれぞれの条件に応じて表から与えられるパラメータと簡単な折れ線回帰式により算出することにした。

なお、生育相の長さの予測のためにその期間の平均気温、平均日長、春化充足度が必要になるが、順次、繰り返し計算し、漸近的に求めることになる。DVR値に換算して積算する方法も有効と思われる。

表4．各生育相の長さの予測式

生育期	予測式	備考
播種期 (発芽期)	$Y_{1,1}=21.2/(T+1.3)$	$Y_{1,1}, Y_{1,2}, Y_{2,3} \dots$: 各生育相の長さ (日)
出芽期	$Y_{1,2}=122.2/(T+0.3)$	T: その期間の平均気温 (°C) L: その期間の平均日長 (hr)
	$\begin{cases} L \leq 12\text{hr} & \text{---} \\ Y_{2,3} = \{HUn + TS(12.0 - L) - HUs\} / (T + 3.7) \\ L > 12\text{hr} & \text{---} \\ Y_{2,3} = \{HUn + TL(12.0 - L) - HUs\} / (T + 3.7) \end{cases}$	HUn: 12hr日長、春化处理0日 のときのHU値 (°C日) TS: 短日遅延度 (°C日/hr) TL: 長日促進度 (°C日/hr) (HUn · TS · TLは表3)
	$\begin{cases} HUs = \sum_{i=1}^k V_e \cdot V_r(t_i) \\ HUs > HUr & \text{---} HUs = HUr \end{cases}$	HUs: 春化充足度 (°C日) t_i : 暦日の平均気温 ($i=1$ は発芽期、 k は幼穂分化期)
	$\begin{cases} t \leq 6.2^\circ\text{C} & \text{---} V_r(t) = 0.09t + 0.71 \\ 6.2 < t \leq 10.8^\circ\text{C} & \text{---} V_r(t) = -0.28t - 2.98 \\ 10.8 < t & \text{---} V_r(t) = 0.0 \end{cases}$	V_e : 春化効果 (°C日/日) HUr : 春化要求度 (°C日) $V_r(t)$: 春化効果比 ($V_e \cdot HUr$ は表2)
幼穂分化期 (日長感応終期)	$\begin{cases} L \leq 12\text{hr} & \text{---} \\ Y_{3,4} = \{HUn + TS(12.0 - L)\} / (T + 1.4) \\ L > 12\text{hr} & \text{---} \\ Y_{3,4} = \{HUn + TL(12.0 - L)\} / (T + 1.4) \end{cases}$	HUn: 12hr日長のときのHU値 (°C日) TS: 短日遅延度 (°C日/hr) TL: 長日促進度 (°C日/hr) (HUn · TS · TLは表3)
出穂期	$Y_{4,5}=152.5/(T+1.4)$	
開花期	$Y_{5,6}=74.5/(T-6.3)$	HU: 農林61号の値 (表1)
成熟期	$Y_{6,7}=651.4/(T-1.6)$	HU: 農林61号の値 (表1)

V 考 察

作物の量的な生理現象、特に発育に要する日数は温度の影響を受け、温度との関係をぬきにしては論じられない。最近の研究では、作物の発育速度 (DVR) と気温 (T) の関係はシグモイド曲線、いわゆる生長曲線状になると言われている (堀江ら1987)。本研究で用いた有効積算温度曲線はDVR-Tの関係でみると直線になり、シグモイド曲線の上昇期の温度範囲で用いればよく適合することになる。本研究において直線の適合が良かったのは圖

場、ポット共に出芽－幼穂分化相を除くすべての時期であった。ただし、圃場の出穂－開花、開花－成熟相では、22～23℃の高温において、発育速度の停滞ではなく若干の促進がみられた。出芽－幼穂分化相では圃場、ポットともに放物線状になり、圃場では11℃以上、ポットでは16℃以上で発育速度の停滞および低下が認められた。

DVR－T曲線の形状は、ノンパラメトリック法でトウモロコシの全生育相の曲線を求めた田村ら（1989）の例でみると、生育相によって明らかに異なった形状をとり、シグモイド状の曲線があてはまるのは出芽－絹糸抽出期のみで、播種－出芽期は直線、絹糸抽出－黄熟期は指数曲線状になった。そして、登熟相についての多くの報告では高温域におけるDVRの急速な増加が特徴として提示されており、本研究の開花－成熟相と共通するもので、この期間にはシグモイド曲線が適合しないことになる。

有効積算温度を用いた例、研究蓄積は多い。最低有効温度（BT）は、本研究では出穂－開花相で最も高く、次いで開花－成熟相、幼穂分化－出穂相の順であった。同様な関係は江幡（1990b）がイネで報告している。また、日長別、品種別、春化反応別に求めたDVR－T直線のBT値の差は小さく、日長との関係も認められなかったので、差がないものと仮定し、共通のBT値を用いることにした。しかし、Lossら（1990）は日長が長くなるとBT値が低くなると報告しており、品種により異なる可能性（江幡1990b）もある。

日長反応は、本研究では実用的な10～14時間の範囲の日長で検討したので、短日で遅延し、長日で促進される折れ線状の関係となり、イネで認められている基本栄養生長性・適限日長（鳥山ら1969）などは明らかにできなかった。感光相の前の日長不感応相について、イネでは幼若相（三本1987）が認められているが、本研究で用いた春コムギでは、日長不感応相は存在するが、短かった。コムギの幼穂分化後の日長感応については、幼穂分化前よりも強く影響するという報告が多い（Riddell 1958、Kirby 1987）が、本研究ではほぼ同程度であった。日長感応の終期については Mohapatra et al. (1981)、Kirby (1985) の報告とほぼ一致し、出穂の約10～19日前であった。

春化に影響する温度は品種により異なるとされているが（Flood and Halloran 1980）、本研究で供試した春コムギでは品種間差は認められず、最大の効果は6.2℃で、Trione and Megger (1970) の報告と一致した。品種の春化に対する要求度は、低温処理の効果がなくなる最短の日数で評価されることが多い（Kato and Yamagata 1988）。本研究では温度により、また品種により処理の1日当りの効果が異なることが認められたので、処理により減少する有効積算温度量の最大値で品種を評価した方がよかった。

出穂期や開花期を予測するために、温度と日長を変数として一つの式にまとめる試みは堀江、中川（1990）、高橋、中世古（1992）、田村ら（1990）、Lossら（1990）などが報告している。これらにより、予測の精度は高まっているが、指数関数を用いた場合など、複雑になりすぎ、通常の生理研究の手段としては用いにくくなっているように思われる。

本研究では純粋早晩性に類似した値として無春化で12hr日長条件下のHU値を、日長反応特性として短日遅延度と長日促進度を、春化反応特性として春化要求度と春化効果を品種別に表から与え、簡単な一次式（折れ線を含む）でHU値の増減を行なった。できるだけ単純化したので、今後の生理研究等による検証はやり易いと思われる。

論文審査の要旨

作物の生活環を構成する各発育段階の経過を、その作物品種の生理生態的特性に基づき、環境条件から定量的に予測しうる、発育予測式を確立することは、作付体系を含む作物栽培の計画策定、適地適作の地帯区分、災害防止などに貢献するところ極めて大きい。また、コムギのような冬型一年草作物が近來従来の適地だけでなく、熱帯、亜熱帯の高地などにも導入されてきたため、環境条件と生長、発育の関係を数量的に把握する方式を確立し、生育期間を的確に予測する式の確立が要望されている。

本研究は、コムギを用いて上記の点について研究を行ったが、イネのような夏型一年草作物が比較的高温期に連続的に生長発育を遂げるのに対して、コムギでは低温期の冬期に発育段階の特長であるバーナリゼーション（春化）を経過するなど、複雑な要因との関連を解析する必要がある、生育期予測の研究はごく一部分について断片的にしか行われていなかった。本研究においては、この複雑な冬型一年草作物のコムギについて、始めて種子の発芽から受精を経ての種子形成までの全生活環を、統一的に取り扱った。

コムギ多数品種を用いて、まず自然圃場における各生長相と気象要因との関連を細かく解析した。取り上げられた気象要因は平均温度、降雨量、日長、日射量などであるが、特に生育相の長さとの有効積算温度との関係が精査された。ついで生育期間の長さに影響する要因の解明にあたり、各生育相について最も影響の大きい要因を明らかにした上で、他の要因との交互作用関係についても詳しく解析した。この段階の解析においては、環境制御施設（ファイトロン）を駆使して各発育相の制御に及ぼす環境要因が解析されている。

これらの全生育相について、環境要因との関連を明らかにした上で、各生育相の長さの予測式を確立した。このように本研究は、複雑な冬型作物の全生育期間をカバーする生育予測を可能とする手がかりを提供したばかりでなく、実際にその予測式を提案している。

我国のコムギ栽培においては、品種の早熟化が長年にわたりコムギ育種の悲願となっているが、本研究においてコムギの生育相を支配する環境要因の役割が明らかにされ、さらに解析の過程の中で発見された早熟化育種の母体として有望と思われる品種、種も提案されている。

このように、本研究は複雑な冬型一年草作物のコムギについて、はじめて全生活環についての生育相予測の確立に貢献するところきわめて大きいばかりでなく、コムギ育種における母本選定にも寄与するところ大きい。よって、博士（農学）の授与に値するものと判定した。